

# 基于 AT89S52 单片机的照度模糊控制器的设计

席扬扬<sup>1</sup>

## 摘要

采用 CA3130 光电变换电路和 AT89S52 单片机,结合模糊算法以及 PWM 控制方式设计了一种用于工作照明的照度控制器,实现了工作照明照度的精细控制,改善了光环境的舒适度。

## 关键词

单片机;模糊控制;照度

中图分类号 TP273+.4

文献标志码 A

## 0 引言

### Introduction

关于环境的舒适度与人体健康间的相互关系的研究表明,长期在不舒适的光环境下工作和生活,身心健康会受到不同程度的损害,并直接影响到工作效率与生活质量。

近年来,市场上出现了多种改善光环境的灯具,如:针对频闪和辐射问题的 LED 护眼灯;针对光谱问题的太阳光谱灯;针对能耗问题的节能灯等,都在一定程度上改善了光环境质量。但光环境中的一个重要指标——照度值的控制并没有得到很好的解决。现有的针对照度值控制的机械旋钮式调节、分档定位调节等办法,虽然在一定程度上实现了照度健康化和个性化的问题,但机械旋钮式的精度无法控制;合档定位方法中的档位固定通常只有 3 个档位,无法做到精确调节和广泛适应性。

运用单片机结合模糊算法设计灯光照度控制器的方法得到广泛应用。文献[1]通过探测光强度,实现了城市路灯照度的 3 级控制;文献[2]通过人数和座位数的监测进行了教室照明的控制;文献[3]根据室外光线的强弱自动调节百叶窗实现了对室内照度的控制等。而关于工作与家用照明照度的精细控制问题,至今未见相关文献。本文运用单片机结合模糊算法实现工作与家用照明照度的精细调控,并以一个具体的照度控制系统为例,给出相应的软硬件设计。

## 1 模糊控制系统原理

### Principle of fuzzy control system

模糊控制系统原理如图 1。

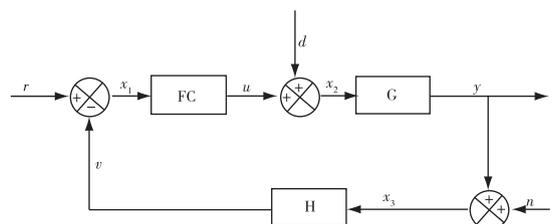


图 1 模糊控制原理<sup>[9]</sup>

Fig. 1 Block diagram of fuzzy control principle

收稿日期 2009-08-26

资助项目 国家自然科学基金(60874110)

作者简介

席扬扬,女,硕士生,研究方向为智能系统控制. dearxyy1983@yahoo.cn

<sup>1</sup> 南京信息工程大学 信息与控制学院,南京, 210044

图 1 中:  $r$  为系统输入标准信号;  $x_1$  为输入 FC 的变量;  $u$  为最终输出 FC 的变量;  $d$  为干扰信号;  $x_2$  为  $u$  和  $d$  的合成;  $y$  为系统输出标准信号;  $n$  为噪声信号;  $x_3$  为  $y$  和  $n$  的合成;  $v$  为反馈信号.

由图 1 可以知, 模糊控制系统与一般控制系统的主要区别在于它采用了模糊控制器 FC (Fuzzy Controller), 其中  $x_1$  和  $u$  都为清晰量. 从清晰量  $x_1$  到清晰量  $u$ , 其间必须经过由清晰到模糊, 经近似推理后由模糊到清晰这一变化过程. 模糊控制器的组成部分包括近似推理模块、模糊化模块 (D/F) 和清晰化模块 (F/D).

Mamdani 型二维模糊控制器原理如图 2.

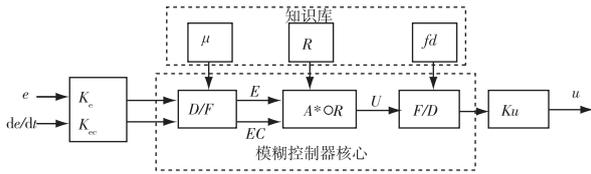


图 2 Mamdani 二维模糊控制原理<sup>[9]</sup>

Fig. 1 Block diagram of 2-D Mamdani fuzzy control principle

图 2 中:  $\mu$  表示隶属函数库;  $R$  表示控制规则库;  $fd$  表示清晰化方法库;  $K_e$ 、 $K_{ec}$  表示量化因子;  $K_u$  表示比例因子;  $D/F$  表示完成清晰量转换成模糊量的运算;  $F/D$  表示完成模糊量转换成清晰量的运算;  $A^*O$  表示完成根据输入模糊量  $A^*$  (有  $E$  和  $EC$  构成) 进行近似推理运算<sup>[4]</sup>.

## 2 照度模糊控制器设计

### Design of the illuminance fuzzy controller

#### 2.1 照度模糊控制器硬件设计

硬件组成包括 CA3130 光电转换电路、AT89S52 单片机、执行机构、键盘、LED 显示、AT24C02 存储器、SSR 和保护电路共同构成的闭环控制回路. 控制器原理如图 3 所示.

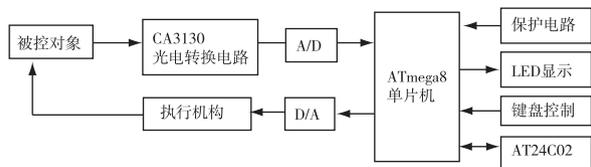


图 3 照度模糊控制器原理

Fig. 3 Schematic diagram of illuminance fuzzy controller

##### 2.1.1 CA3130 光电变换电路

由光敏二极管同高输入阻抗运算集成放大器

CA3130 组成光电变换电路, 光敏二极管接到 CA3130 的 2 个输入端, 当光照射到日光型光敏管时有电流通过, CA3130 把电流的变化转换成电压的变化, 它对电信号进行整形、放大, 并变成稳定的输出<sup>[5]</sup>.

##### 2.1.2 单片机的选择

单片机 AT89S52 是一种低功耗、高性能 CMOS 8 位微控制器, 具有 8 k 可编程 Flash 存储器, 与工业 80C51 产品指令和引脚完全兼容. 12 MHz 晶振跟 18、19 引脚相接; P0 口与 2 位 LED 电路相连接; P1 口键盘电路相接, 同时与一个发光二极管连接; P3.5 和 P3.6 模拟 I<sup>2</sup>C 总线协议, 与 AT24C02 进行数据交换, 同时 P3.3、P3.4 和 P2.7 与 ADC0832; P2 用来通过三极管驱动固态继电器.

##### 2.1.3 A/D 信号转换电路

ADC0832 具有 8 位分辨率; 双通道 A/D 转换; 输入输出电平与 TTL/CMOS 相兼容; 5 V 电源供电时输入电压在 0 ~ 5 V 之间; 工作频率为 250 kHz, 转换时间为 32  $\mu$ s; 一般功耗仅为 15 mW.

##### 2.1.4 外围电路

1) 键盘电路. 2X2 键盘电路, 有 4 个按键. 其中: 2 个可对照度值进行上下地调节; 1 个分时复用, 短按设定/确认新的默认值, 长按 2 s 以上恢复出厂时的默认值; 1 个用来循环的调出之前存储在 AT24C02 中的 3 个照度值.

2) LED 动态显示电路使用 2 个 7 段共阳极 LED, 通过 7447 译码器与 P2 口高 4 位相连, 低 2 位做 LED 的片选信号.

3) AT24C02. 与 400 kHz I<sup>2</sup>C 总线兼容; 1.8 ~ 6.0 V 工作电压范围; 低功耗 CMOS 技术; 当 WP 为高电平时进入写保护状态; 页写缓冲器; 自定时擦写周期; 1 000 000 编程/擦除周期; 可保存数据 100 a<sup>[6]</sup>. 用来存储最后 3 个得到确认的照度值. 控制器以最后一次使用的照度值作为下次开机时的照度值. AT89S52 和它的通讯可由软件编程实现.

4) SSR 固态继电器用一个 NPN 型的三极管, 集电极接固态继电器的负极, 继电器的正极通过一个 20 k $\Omega$  的电阻与正电源相接, 三极管的发射极接地<sup>[7]</sup>.

#### 2.2 照度模糊控制器软件设计

光敏电阻作为照度自动调节的传感器, 由于其自身的性质, 其阻值对应光线强弱的变化会产生非线性的改变, 如果采用对非线性系统有着良好适应

性的模糊控制算法会产生较好的系统性能。

模糊控制系统的主程序流程如图4所示。

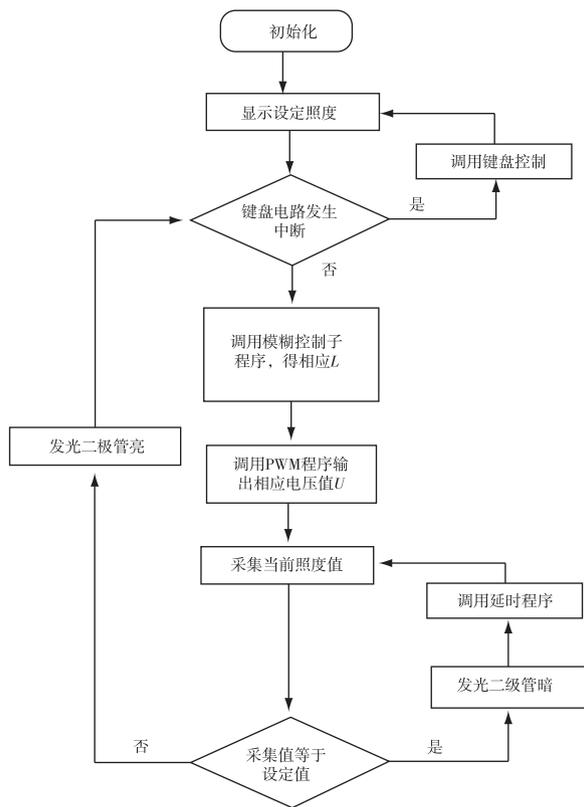


图4 主程序流程

Fig. 4 Flowchart of the main program

图4中的照度变量  $L$  将作为参数送入到 PWM 程序中,以求输出相应电压值  $U$ 。

调用键盘控制子程序包括恢复出厂设置、恢复最后3次设置中的一个、上调、下调4个主模块。

### 2.3 Mamdani 二维模糊算法

适合人工作和学习的照度环境在 60 ~ 100 lx。本系统取 80 lx 作为标准<sup>[5]</sup>。

将经过 CA3130 光电变换电路测得的照度值与系统设定值之差  $E$  和  $E$  的变化率  $EC$  作为二维输入变量,所需照度值设为—维输出变量  $U$ ,它们各自对应的论域、子集名称、子集类型和相关参数见表1。

本模糊控制器根据人工调节照度的经验,同时考虑硬件实现基础,把模糊控制规则精简为“表格型”控制规则,如表2所示。

这种方法的优点在于,实时采样得到的数据经过模糊化处理后输入处理器,通过查询模糊规则表便可得到相应的输出模糊量,从而避免了近似推理的过程,既节约了时间,也可以缓解处理器的压力。

表1 模糊输入变量模糊子集设定值

Table 1 Set values of fuzzy input variables in the fuzzy sets

变量名称	变量模糊论域	覆盖变量的模糊子集名称	模糊子集
输入变量 $E$	[-5,5]	NB	高斯型
		NS	
		O	
		PS	
		PB	
输入变量 $EC$	[-2,2]	NB	高斯型
		NS	
		O	
		PS	
		PB	

注:  $E$  和  $EC$  的模糊子集取高斯型是确保每个点的隶属度取值。

表2 照度控制器模糊规则表

Table 2 The fuzzy rule table of the illuminance controller

$E$	$EC$				
	NB	NS	O	PS	PB
NB	8	8	6	4	2
NS	6	4	2	0	0
O	4	2	0	-3	-4
PS	0	0	-2	-4	-6
PB	-3	-4	-6	-8	-8

解模糊方法为加权平均法,模糊规则表组成系数矩阵  $k[5,5]$  为

$$k[5,5] = \begin{bmatrix} 8 & 8 & 6 & 4 & 2 \\ 6 & 4 & 2 & 0 & 0 \\ 4 & 2 & 0 & -3 & -4 \\ 0 & 0 & -2 & -4 & -6 \\ -3 & -4 & -6 & -8 & -8 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$F_e[i,j]$  是  $E$  的隶属度函数,  $F_{ec}[i,j]$  是  $EC$  的隶属度函数,权重函数

$$W_{k[i,j]} = F_e[i,j] \times F_{ec}[i,j], \quad (2)$$

总输出

$$L = \frac{k[i,j] \times W_{k[i,j]}}{W_{k[i,j]} + W_{k[i,j+1]} + W_{k[i+1,j]}} + \frac{k[i,j+1] \times W_{k[i,j+1]}}{W_{k[i,j]} + W_{k[i,j+1]} + W_{k[i+1,j]}} + \frac{k[i+1,j] \times W_{k[i+1,j]}}{W_{k[i,j]} + W_{k[i,j+1]} + W_{k[i+1,j]}} \quad (3)$$

系统仿真结果见图 5.

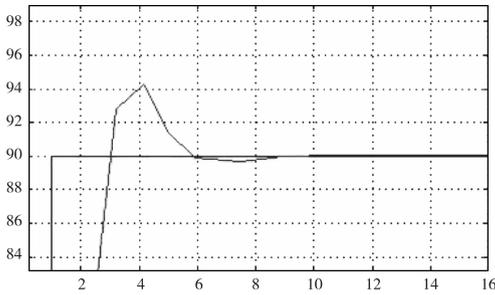


图 5 方波经过控制系统后的对比  
(输入信号为阶跃信号;波形为输出)

Fig. 5 Comparison chart of square wave  
traveling through the control system.

(Step is the input signal;the wave is the output signal)

从图 5 可以看出此照度模糊系统能较快地响应所设定的照度值,虽然开始偏离所设定的照度值,但能较快地自我调整,超调时间较小,总体上达到了系统的设计目标.

### 3 结论

#### Conclusions

本文提出了一种基于 Mamdani 二维模糊模型的家用户具照度精细控制的方法,该方法将人们生活中的先验知识与单片机相结合起来,实现了对家用户具照度的精细控制. 仿真结果验证了此算法可以在规定时间内让照度达到设定值,可有效改善家用

灯照明环境. 由于照度值设定在 60 ~ 100 lx 之间,故在保护人们视力、体现人性化的同时,还能节约用电.

### 参考文献

#### References

- [ 1 ] 吕永乐,秦红磊,谈展中. 基于 PIC18F6720 的模糊决策照明管理系统[J]. 电力自动化设备,2006,(26)7:52-54  
LV Yongle, QIN Honglei, TAN Zhanzhong. A fuzzy illumination supervision system based on PIC18F6720 microcontroller [ J ]. Electric Power Automation Equipment, 2006, 26(7) : 52-54
- [ 2 ] 冯平,周聪. 智能照明系统的模糊控制探讨[J]. 广西工学院学报,2009,20(1):19-22  
FENG Ping, ZHOU Cong. Discussion on fuzzy control of intelligent lighting system [ J ]. Journal of Guangxi University of Technology, 2009, 20(1) : 19-22
- [ 3 ] Mateja Trobec Lah, Borut Zupancič, Jože Peternelj, et al. Daylight illuminance control with fuzzy logic [ J ]. Solar Energy, 2006 ( 13 ) : 307-321
- [ 4 ] 林钢. 模糊控制及其在家用电器中的应用 [ M ]. 北京:机械工业出版社,2006  
LIN Gang. Fuzzy control and its application in household appliances [ M ]. Beijing: Machinery Industry Press, 2006
- [ 5 ] 丁镇生. 传感器及传感技术应用 [ M ]. 北京:电子工业出版社,1998  
DING Zhensheng. Sensors and sensing technology application [ M ]. Beijing: Press of Electronic Industry, 1998
- [ 6 ] 李晓辉. FRAM 铁电存储器的技术原理 [ J ]. 国外电子元件, 2002 ( 4 ) : 70-72  
LI Xiaohui. Technological principle of FRAM ferroelectric storage [ J ]. Foreign Electronic Components, 2002 ( 4 ) : 70-72
- [ 7 ] 赵冬梅. 照明智能控制器的设计 [ J ]. 中国科技信息, 2008 ( 14 ) : 166-167  
ZHAO Dongmei. Design of the intelligent lighting controller [ J ]. China Science and Technology Information, 2008 ( 14 ) : 166-167

## AT89S52-based design of fuzzy illuminance controller

XI Yangyang<sup>1</sup>

1 School of information and Control, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

**Abstract** Using CA3130 photoelectric circuit and AT89S52, combined with fuzzy algorithms and PWM control mode, a lighting illumination controller is designed for work lighting, which realizes precise control of lighting illumination and improves comfort of light environment.

**Key words** single-chip; fuzzy control; illuminance